

dores pianos // Instalador. – 1986. – №21. – P.33-41.

4.Bairi A. Method of quick determination of the angle of slope and the orientation of solar collectors without a sun tracking system // Solar and Wind Technology. – 1990. – №2-3. – P.327-330.

5.Instalatie solara: Пат. 97101 Румыния. / Gernomazu D., In-treprinderea de Retele Elektrice- N 125872. Оpubл. 18.08.1989.

6.Solar energy collecting system : Пат. 4770162 США. / L'Esperance P.M., Nikkei R.D.; Phillips Petroleum Co. - N49860L; Оpubл. 13.09.1988.

7.Satcunanatnan S., Jolly P. Persad P. The desing and performance of semi-tracking flat-plate collectors // Solar World Congress Process // 8th Biln Congress International Solar Energy Socitty, Perth, August, 1984. – P.757-761.

8.Шнерх А. С. Определение прихода прямой солнечной радиации при оптимизационных расчетах гелиосистем. // Строит. материалы, изделия и санитарная техника. Вып.12. – К.: Будівельник, 1989. – С.110-113.

9.Estokova A. Methods for environmental assessment of building materials // Теорія і практика будівництва: Вісник НУ “Львівська політехніка”. Вип.600. – Львів, 2007. – С.368-372.

10.Kapalo P. Hot water distribution system – interrumped operation // Теорія і практика будівництва: Вісник НУ “Львівська політехніка”. Вип.600. – Львів, 2007. – С.417-422.

11. ViČeková S., Burdová E., Šenitkova I. Sustainble bulding assessment systems summary // Теорія і практика будівництва: Вісник НУ “Львівська політехніка”. Вип.600. – Львів, 2007. – С.559-567.

*Отримано 04.09.2008*

УДК 681.518.54 : 697.34

А.А.БОБУХ, канд. техн. наук, Д.А.КОВАЛЕВ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ АНОМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЙ ОБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Рассматриваются вопросы разработки системы диагностики аномальных ситуаций одного из объектов централизованного теплоснабжения.

Повышение эффективности работы и экономия энергетических ресурсов системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) представляют собой актуальные научно-технические задачи государственной политики в сфере теплоснабжения. Известно [1], что назначение СЦТ состоит в обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты в виде теплоносителя требуемых параметров, но в то же время решение этой задачи невозможно при возникновении в системе аварийных ситуаций. Вследствие этого одной из актуальных задач является диагностика аномальных ситуаций объектов управления для обеспечения экономии энергоресурсов и поддержания их надежности на заданном уровне.

До недавнего времени для нормального функционирования технологических процессов в СЦТ существенное значение имели интуитивные методы обобщения данных контроля работы отдельных элементов и оборудования [2, 3]. Чем выше квалификация обслуживающего персонала, тем выше качественные показатели работы системы. Однако количество оборудования, входящего в «сферу обслуживания», следовательно, и объем информации, которую обслуживающий персонал получает и должен переработать, настолько велик, что для принятия правильного решения остается очень мало времени. Интуитивные же решения даже опытного обслуживающего персонала не всегда гарантируют нормальный ход технологического процесса и ведут к потерям энергетических ресурсов, поскольку процесс поиска причин аномальных ситуаций технологического режима является, как правило, процедурой последовательного анализа «сложного события» и целиком ложится на человека. Причем время обнаружения причин и устранения нарушения, весьма значительно, что также ведет к указанным потерям. Однако многие причины можно было бы предупредить, а потери энергетических ресурсов значительно уменьшить как за счет сокращения времени на поиск и ликвидацию, так и за счет предотвращения наступления самих аномальных ситуаций, если бы была реализована система диагностики указанных ситуаций технологических процессов СЦТ.

В связи с этим возникла задача разработки системы диагностики аномальных ситуаций иерархической структуры СЦТ. Важно отметить, что разрабатываемая система диагностики относится к классу сложных систем распознавания образов и нереалистично предполагать, что она будет функционировать во всех случаях качественнее обслуживающего персонала. Однако, вполне реалистично создание системы диагностики (работающей в информационно-советующем режиме), дополняющей возможности обслуживающего персонала, и приводящей к качественно новому уровню развития системы диагностики.

Непрерывность производства теплоты, с одной стороны, и требование соблюдения режима нормального функционирования технологического процесса, с другой – не позволяют в условиях СЦТ реализовать систематический активный эксперимент (с достаточным уровнем пробных воздействий) с целью нахождения или предупреждения аномальных ситуаций. Следовательно, система диагностики аномальных ситуаций должна быть реализована на основе пассивных наблюдений за ходом технологического процесса. Возможные активные воздействия на процесс для выяснения причин аномальных ситуаций должны

быть отнесены к компетенции обслуживающего персонала из-за сложности формализации.

Опыт эксплуатации СЦТ показывает, что для обнаружения аномальных ситуаций на основе пассивных наблюдений необходимо значительное число контролируемых параметров технологического процесса. Это обусловлено тем, что для рассматриваемого сложного технологического процесса имеет место неоднозначное соответствие между существующим набором контролируемых параметров и причинами аномальных ситуаций. Однако приведенная рекомендация по увеличению числа контролируемых параметров не может быть выполнена в достаточно полном объеме, поскольку для значительной части из требуемых дополнительных параметров не существует технических средств автоматического контроля. Кроме того, усложнение системы контроля параметров технологического процесса может нивелировать экономический эффект за счет экономии энергетических ресурсов от применения системы диагностики. Следовательно, при разработке системы диагностики необходимо ориентироваться на существующий набор контролируемых параметров теплоносителя (температуры, давления, расхода), общепринятый на всех объектах СЦТ.

Характерной особенностью системы диагностики аномальных ситуаций работы СЦТ является повышение требований к оперативности и точности диагностики. Последнее обусловлено тем, что оптимальный режим ведения технологического процесса часто находится вблизи граничных регламентных значений контролируемых параметров и повышается вероятность выхода за эти значения по сравнению с управлением параметрами на основе их средних значений.

Для разработки системы диагностики одного из объектов СЦТ были проведены исследования на котельной ОАО «Хартрон» и получены следующие симптомы возможных отказов:

- увеличение давления в нагнетательных патрубках сетевого насоса;
- падение давления в процессе работы сетевого насоса;
- увеличение давления в нагнетательных патрубках вентилятора;
- увеличение расхода природного газа, подаваемого в котел;
- отключение катушки зажигания горелок котла;
- увеличение расхода охлажденного теплоносителя, подаваемого в котел.

Для выявления аномальных ситуаций по приведенным симптомам разработана формальная постановка задачи системы диагностики котельной.

Введем следующие определения.

1. Назовем множество  $N_{\alpha i}$ ,  $\alpha = \overline{1, l}$  множеством отказов технологического процесса для котельной ( $i = \overline{1, v}$ ).

2. Множество  $P_{\beta i}$ ,  $\beta = \overline{1, n}$  назовем причинами отказов для рассматриваемого технологического процесса.

3. Множество  $S_{\gamma i}$ ,  $\gamma = \overline{1, m}$  назовем симптомами отказов, где под симптомом понимается отклонение параметров технологического режима от некоторых заранее определенных верхних или нижних границ в сторону увеличения или уменьшения соответственно.

Последнее определение позволяет элементы множества  $S_{\gamma i}$  описать логическими функциями, которые по своему определению имеют два значения «да», «нет» (или 1, 0).

Свяжем с множеством симптомов  $S_{\gamma i}$  параметры технологического процесса:

$$S_{\gamma i} = \Psi(x_{ji}, y_{si}, z_{qi}), \quad \gamma = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, r}; \quad i = \overline{1, p}; \quad s = \overline{1, k}; \quad q = \overline{1, g}, \quad (1)$$

где  $x_{ji}$ ,  $y_{si}$  – управляющие и управляемые параметры технологического процесса;  $z_{qi}$  – контролируемые параметры технологического процесса;  $\Psi$  – функция, имеющая значения 1 и 0.

Опишем подробнее функцию  $\Psi$ :

$$\Psi(x_{ji}, y_{si}, z_{qi}) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \quad (2)$$

где 1 – если какой-либо из параметров технологического режима больше или меньше заданного значения; 0 – в противном случае.

В определении для функции  $\Psi$  присутствуют заданные граничные значения, которые в системе диагностики отличаются от граничных значений для системы управления. Эти отличия проявляются для  $y_{si}$ , поскольку ограничения на  $y_{si}$  при управлении ( $y_{si}^{\min}; y_{si}^{\max}$ ) выполняются только в смысле:

$$y_{si}^{\min} \leq M\{y_{si}\} \leq y_{si}^{\max}, \quad (3)$$

где  $M\{.\}$  – символ математического ожидания.

Неравенства (3) для использования в системе диагностики ( $y_{si}'^{\min}; y_{si}'^{\max}$ ) необходимо переписать в следующем виде:

$$y_{si}'^{\min} + \delta y_{si} \leq y_{si} \leq y_{si}'^{\max} - \delta y_{si} \leq y_{si}'^{\max}, \quad (4)$$

где  $\delta y_{si}$  – размах выборки управляемых параметров.

Так как системы автоматического управления (САУ) параметрами

технологических процессов СЦТ решают, в частности, и задачи стабилизации управляемых параметров, то  $\delta y_{si}$  определяются ошибкой стабилизации при управлении и ошибкой идентификации соответствующих моделей.

На основе введенных определений и ограничений формально определим задачу системы диагностики котельной следующим образом: получить функцию  $\omega(S_{yi})$ , которая свяжет симптомы отказов и причины отказов, т.е. построить зависимость:

$$P_{\beta i} = \omega(S_{yi}) = \omega(\Psi(x_{ji}, y_{si}, z_{qi})); \quad \beta = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Дополнительно к (5) ставится задача получения перечня отказов (связанных с причинами  $P_{\beta i}$  и еще не проявившихся), а следовательно, и рекомендаций по устранению отказов:

$$N_{ai} = v(P_{\beta i}) = v(\omega(\Psi(x_{ji}, y_{si}, z_{qi}))), \quad \alpha = \overline{1, l}; \quad (6)$$

$$W_{\lambda i} = \eta(N_{ai}) = \eta(v(\omega(\Psi(x_{ji}, y_{si}, z_{qi})))) , \quad \lambda = \overline{1, d}, \quad (7)$$

где  $\{W_{\lambda i}\}$  – множество рекомендаций по устранению отказов.

Таким образом, несмотря на то, что технологические процессы СЦТ непрерывны, значения  $N_{ai}$ ,  $P_{\beta i}$ ,  $S_{yi}$ ,  $W_{\lambda i}$  могут быть определены как конечные значения. В то же время, несмотря на непрерывность технологического процесса, достигнута дискретность диагностирующей функции (5). Удобной формой представления функции (5) для реализации задач системы диагностики аномальных ситуаций представляется запись ее в виде логических таблиц решений (ЛТР) [4]. Основой создания этих таблиц является логическое выражение «если..., тогда...», которое само по себе является предпосылкой для решения задачи диагностики и базируется на априорных знаниях об аномальных производственных ситуациях и некоторых статистических данных при создании логической математической модели. ЛТР являются формальным методом описания в общем случае множества симптомов, характеризующих определенную производственную ситуацию, результатов диагноза или необходимых действий для устранения возможных отказов. ЛТР разделена двойными линиями на 4 квадранта. Условная нумерация квадрантов проводится против часовой стрелки, при этом верхний правый квадрант – первый.

Исходя из вышеприведенного можно сделать вывод, что основной задачей системы диагностики СЦТ является определение причины перехода технологического процесса в аномальное состояние, отключение при этом системы управления, и рекомендации по его устране-

нию, после чего необходимо предусмотреть меры по включению системы управления.

Разработанная система диагностики при ее внедрении будет способствовать повышению экономии энергетических ресурсов СЦТ в целом.

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: МЭИ, 2001. – 360 с.
2. Техническая диагностика // Труды I Всесоюзн. совещания по технической диагностике. – М.: Наука, 1972. – 368 с.
3. Основы технической диагностики / Под ред. П.П.Пархоменко: В 2-х кн. Кн.1. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.
4. KING P.J.H. Decision tables // The Computer Journal. – 1967. – Vol.10, No.3. – P.135-142.

*Получено 08.09.2008*

УДК 628.8

А.В.РОМАШКО, канд. техн. наук, Т.В.КАСЬЯНЕНКО

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ, РАБОТАЮЩИХ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ**

Рассматривается современное направление развития теплоснабжения. Математически сформулирована более сложная модель с одновременным изменением температур теплоносителя и воздуха помещения с разработкой первой стадии нахождения общего решения системы дифференциальных линейных неоднородных уравнений. Обоснована целесообразность применения для дальнейшего поиска решения поставленной задачи численных методов.

Современное направление развития теплоснабжения в коммунальной сфере имеет в своей основе приоритет в развитии децентрализованных систем отопления на базе газовых отопительных приборов. Эта тенденция наиболее ярко прослеживается сегодня в районах урбанизированной городской застройки. Помимо многоэтажных зданий газовые отопительные системы в одноэтажном и усадебном строительстве являются традиционными и широко распространены.

Этот сектор энергопотребления принято называть «малой энергетикой» [1]. Сюда можно отнести оборудование коммунальной энергетики: ТЭЦ, районные и заводские котельные, промышленные печи, бытовые установки различной теплопроизводительности. Для них характерен низкий уровень экономичности, надежности и безопасности, в том числе и экологической. Малая энергетика потребляет более 60% всего топлива ТЭК Украины. Объемы потребления газообразного,